

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE05/000428

International filing date: 10 March 2005 (10.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE
Number: 10 2004 015 931.9
Filing date: 31 March 2004 (31.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 19 September 2005 (19.09.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 10 2004 015 931.9

Anmeldetag: 31. März 2004

Anmelder/Inhaber: Osram Opto Semiconductors GmbH,
93049 Regensburg/DE

Bezeichnung: Strahlungsdetektor

IPC: G 01 J, H 01 L

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 9. September 2005
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident

Im Auftrag

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Faust'.

Faust

Beschreibung

Strahlungsdetektor

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_0 aufweist, umfassend einen Halbleiterkörper mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktiven Bereich. Insbesondere betrifft die Erfindung einen Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges.

Zur Detektion von Strahlung mit einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_0 aufweist, werden oftmals Strahlungsdetektoren mit einer speziell angepaßten externen Filteranordnung, wie beispielsweise Interferenzfiltern oder Monochromatoren verwendet. Derartige Detektoren zeichnen sich durch eine sehr gute Anpassung an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung aus, sind aber in ihrer Handhabung und Herstellung meist vergleichsweise aufwendig und kostenintensiv. Weiterhin haben sie oftmals einen hohen Platzbedarf, so dass sie für Anwendungen auf kleinem Raum nicht oder nur eingeschränkt benutzt werden können.

Ist die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung die des menschlichen Auges, so wird zur Detektion einfallender Strahlung gemäß dieser Empfindlichkeit häufig eine Silizium-Photodiode benutzt.

Die Empfindlichkeit einer Photodiode hängt unter anderem von den Wellenlängen der einfallenden Strahlung ab. Für Wellenlängen, die größer als eine der Bandlücke entsprechenden Grenzwellenlänge sind, ist die Empfindlichkeit

sehr gering, da für einfallende Strahlung in diesem Wellenlängenbereich die Bandlücke des Funktionsmaterials im aktiven Bereich der Diode - beispielsweise Si - größer als die Energie der einfallenden Strahlung ist und diese somit nicht für die Erzeugung von Elektron-Loch-Paaren ausreicht. Andererseits nimmt die Empfindlichkeit im Bereich kleiner werdender Wellenlängen ab, da mit sinkender Wellenlänge die erzeugten Elektron-Loch-Paare beispielsweise wegen der Oberflächenrekombination vermehrt nicht mehr zum Photostrom beitragen. Im Zwischenbereich weist die Empfindlichkeit der Diode ein Maximum auf, das bei einer herkömmlichen Silizium-Photodiode bei über 800 nm liegen kann.

Die Verwendung einer derartigen Silizium-Photodiode als Detektor mit der spektralen Empfindlichkeitsverteilung des helladaptierten menschlichen Auges, das ein Maximum der Empfindlichkeit bei etwa 555 nm aufweist, erfordert zusätzlichen Aufwand, da die Wellenlängen der Empfindlichkeitsmaxima stark voneinander abweichen und die beiden spektralen Empfindlichkeitsverteilungen deshalb vergleichsweise schlecht aneinander angepasst sind. Die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges kann durch zusätzliche Filter verbessert werden. In der Summe resultiert daraus annähernd die Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges.

Es ist eine Aufgabe der Erfindung, einen Strahlungsdetektor der oben genannten Art anzugeben, der vereinfacht herstellbar ist. Weiterhin ist es eine Aufgabe der Erfindung, einen Strahlungsdetektor der oben genannten Art mit verringertem Platzbedarf anzugeben.

Diese Aufgabe wird durch einen Strahlungsdetektor mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 bzw. des Patentanspruchs 4 gelöst. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen und

Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

Ein erfindungsgemäßer Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung, die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_0 aufweist, umfasst in einer ersten Ausführungsform einen Halbleiterkörper mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktiven Bereich, wobei der aktive Bereich eine Mehrzahl von Funktionsschichten umfasst, die Funktionsschichten unterschiedliche Bandlücken und/oder Dicken aufweisen und derart ausgebildet sind, dass diese Funktionsschichten zumindest teilweise Strahlung in einem Wellenlängenbereich absorbieren, der Wellenlängen größer als die Wellenlänge λ_0 umfasst.

In einer bevorzugten Ausgestaltung dieser Ausführungsform ist die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung die des menschlichen Auges.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung dieser Ausführungsform enthält der Halbleiterkörper, insbesondere der aktive Bereich oder die Funktionsschichten, mindestens ein III-V-Halbleitermaterial, beispielsweise $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$ oder $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$, jeweils mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$.

Zweckmäßigerweise wird ein III-V-Halbleitermaterial verwendet, das Bandlücken im Bereich der Wellenlänge λ_0 beziehungsweise im Bereich der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung aufweisen kann.

Die genannten III-V-Halbleitermaterialien sind besonders für Strahlungen im ultravioletten (z.B. $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$) über den sichtbaren ($\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$, $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$) bis in den infraroten (z.B. $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$) Spektralbereich besonders

geeignet. Ist die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung die des menschlichen Auges, so eignen sich als Halbleitermaterialien besonders $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$ oder $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$.

In einer zweiten Ausführungsform umfasst ein erfindungsgemäßer Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges, die ein Maximum bei der Wellenlänge λ_0 aufweist, einen Halbleiterkörper mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktiven Bereich, wobei der Halbleiterkörper mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält und der aktive Bereich eine Mehrzahl von Funktionsschichten umfasst.

Bevorzugt sind die Funktionsschichten zumindest teilweise so ausgebildet, dass sie Strahlung in einem Wellenlängenbereich absorbieren, der Wellenlängen größer als die Wellenlänge λ_0 umfasst und/oder zumindest teilweise unterschiedliche Bandlücken und/oder -Dicken aufweisen.

Auf einen der in den obigen Ausführungsformen beschriebenen Strahlungsdetektoren einfallende Strahlung kann von den Funktionsschichten absorbiert werden, wobei die Dicke der jeweiligen Funktionsschicht den Anteil der in ihr absorbierten Strahlungsleistung und die Bandlücke die Wellenlänge der absorbierten Strahlung bestimmt. Über die Anordnung und Ausgestaltung der Funktionsschichten kann der aktive Bereich so ausgebildet werden, dass sich das vom Strahlungsdetektor erzeugte Signal (z. B. der Photostrom oder davon abhängige Größen) gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung verhält. Insbesondere gilt dies vorzugsweise für die langwellige Seite der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung mit Wellenlängen größer als λ_0 .

Auf externe Filter - Filter, die außerhalb des Halbleiterkörpers angeordnet sind - zur Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere deren langwellige Seite, kann mit Vorteil verzichtet werden. Dies ermöglicht eine platzsparende Ausbildung des Strahlungsdetektors.

Weiterhin kann die Stärke des Detektorsignals eines derartigen Strahlungsdetektors verglichen mit Strahlungsdetektoren mit externen optischen Filtern vorteilhaft erhöht sein, da auch langwellige Strahlung bedingt durch einen Verzicht auf externe optische Filter vermehrt Signale erzeugen kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung bestimmen die Funktionsschichten über ihre Anordnung und Ausgestaltung die Detektorempfindlichkeit für Wellenlängen größer als λ_0 gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung.

In einer wiederum weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Wellenlängenbereich, in dem die Funktionsschichten absorbieren im wesentlichen zusammenhängend und/oder umfasst im wesentlichen Wellenlängen größer als λ_0 .

Für verschiedene Wellenlängenbereiche der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung werden bevorzugt verschieden ausgebildete Funktionsschichten im aktiven Bereich vorgesehen. Besonders bevorzugt weisen die Funktionsschichten - alle oder wenigstens eine - eine Bandlücke auf, der eine Wellenlänge größer als λ_0 entspricht.

Für Wellenlängenbereiche, in denen die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung vergleichsweise hohe Werte annimmt, sind die Funktionsschichten vorzugsweise entsprechend dick ausgebildet, so dass eine entsprechend hohe

Auf externe Filter - Filter, die außerhalb des Halbleiterkörpers angeordnet sind - zur Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere deren langwellige Seite, kann mit Vorteil verzichtet werden. Dies ermöglicht eine platzsparende Ausbildung des Strahlungsdetektors.

Weiterhin kann die Stärke des Detektorsignals eines derartigen Strahlungsdetektors verglichen mit Strahlungsdetektoren mit externen optischen Filtern vorteilhaft erhöht sein, da auch langwellige Strahlung bedingt durch einen Verzicht auf externe optische Filter vermehrt Signale erzeugen kann.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung bestimmen die Funktionsschichten über ihre Anordnung und Ausgestaltung die Detektorempfindlichkeit für Wellenlängen größer als λ_0 gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung.

In einer wiederum weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Wellenlängenbereich, in dem die Funktionsschichten absorbieren im wesentlichen zusammenhängend und/oder umfasst im wesentlichen Wellenlängen größer als λ_0 .

Für verschiedene Wellenlängenbereiche der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung werden bevorzugt verschieden ausgebildete Funktionsschichten im aktiven Bereich vorgesehen. Besonders bevorzugt weisen die Funktionsschichten - alle oder wenigstens eine - eine Bandlücke auf, der eine Wellenlänge größer als λ_0 entspricht.

Für Wellenlängenbereiche, in denen die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung vergleichsweise hohe Werte annimmt, sind die Funktionsschichten vorzugsweise entsprechend dick ausgebildet, so dass eine entsprechend hohe

Strahlungsleistung in diesem Wellenlängenbereich absorbiert wird und folglich ein vergleichsweise hoher Photostrom erzeugt wird. Für Wellenlängenbereiche mit geringeren Werten der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung sind die Funktionsschichten vorzugsweise entsprechend dünn ausgebildet.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung nimmt die Bandlücke von im Halbleiterkörper nachgeordneten Funktionsschichten zumindest teilweise in Richtung der einfallenden Strahlung zu. Hierdurch wird die Ausbildung eines Strahlungsdetektors mit einer Detektorempfindlichkeit gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeit vorteilhaft erleichtert.

Bei Funktionsschichten nimmt mit größer werdender Bandlücke die Wellenlänge der absorbierten Strahlung ab. Für längerwellige Strahlungen, deren Energie zu gering ist, um Elektron-Loch-Paare in der Funktionsschicht zu erzeugen, ist die Funktionsschicht im wesentlichen durchlässig. Diese längerwellige Strahlung kann dann in zumindest einer weiteren Funktionsschicht mit einer entsprechend kleineren Bandlücke absorbiert werden. Diese weitere Funktionsschicht ist der Funktionsschicht, die für kurzwellige Strahlung ausgebildet ist, zweckmäßigerweise von der einfallenden Strahlung aus gesehen nachgeordnet.

Die Funktionsschichten sind zur Signalerzeugung vorzugsweise in einer Raumladungszone des Halbleiterkörpers angeordnet. Diese Raumladungszone kann mittels einer p-leitenden, vorzugsweise hochdotierten, Schicht und einer n-leitenden, vorzugsweise hochdotierten, Schicht gebildet werden.

Zum Detektorsignal tragen bei der Erfindung besonders bevorzugt im wesentlichen nur die in der Raumladungszone des Halbleiterkörpers erzeugten Elektron-Loch-Paare bei.

Weiterhin ist zumindest ein Teil der Funktionsschichten vorzugsweise im wesentlichen undotiert oder intrinsisch ausgebildet. Der Halbleiterkörper kann somit im wesentlichen einer pin-Diodenstruktur entsprechen. Derartige Strukturen zeichnen sich durch vorteilhaft geringe Schaltzeiten aus.

Der aktive Bereich ist bevorzugt entsprechend einer Heterostruktur, wie einer Einfach- oder Mehrfach-Heterostruktur, ausgebildet. Heterostrukturen können sich durch eine vorteilhaft hohe interne Quanteneffizienz auszeichnen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist dem aktiven Bereich auf der Strahlungseintrittsseite zumindest eine Filterschicht nachgeordnet. Die Filterschicht ist vorzugsweise Teil des Halbleiterkörpers und/oder so ausgebildet, dass sie Strahlung in einem Wellenlängenbereich absorbiert, der Wellenlängen kleiner als λ_0 umfasst. Der in der Filterschicht absorbierte Strahlungsanteil trifft nicht auf den aktiven Bereich und in dem Wellenlängenbereich, in dem die Filterschicht absorbiert, wird nur ein entsprechend verringertes Signal erzeugt. Besonders bevorzugt bestimmt die Filterschicht durch diese Absorption die kurzwellige Seite der Detektorempfindlichkeit Wellenlängen kleiner als λ_0 gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung.

In einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist der Wellenlängenbereich, in dem die Filterschicht absorbiert im wesentlichen zusammenhängend und/oder umfasst im wesentlichen Wellenlängen kleiner als λ_0 .

Die Filterschicht enthält bevorzugt ein III-V-Halbleitermaterial, beispielsweise eines der oben genannten Materialien. Besonders bevorzugt enthält die Filterschicht ein Halbleitermaterial, das eine direkte und/oder eine indirekte Bandlücke aufweist, wobei die direkte Bandlücke vorzugsweise größer ist als die Bandlücke einer der

Filterschicht seitens des aktiven Bereichs nachgeordneten Funktionsschicht.

Die direkte Bandlücke kann hierbei die kurzwellige Grenze der Detektorempfindlichkeit bestimmen. Die indirekte Bandlücke bestimmt bevorzugt über Absorption den Verlauf der kurzwelligen Flanke der Detektorempfindlichkeit gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung. GaP- oder AlGaAs-haltige Halbleitermaterialien sind für eine Filterschicht in einem Detektor gemäß der Augenempfindlichkeit besonders geeignet, da sie sowohl eine direkte als auch eine indirekte Bandlücke aufweisen können, die für die Augenempfindlichkeit geeigneten Wellenlängenbereichen entsprechen.

Der Halbleiterkörper mit den Funktionsschichten ist gemäß einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung monolithisch integriert, beispielsweise durch epitaktisches Aufwachsen auf einem Aufwachssubstrat, hergestellt. Dies erleichtert die Herstellung eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors.

In einer vorteilhaften Weiterbildung ist der Halbleiterkörper mit dem aktiven Bereich, den Funktionsschichten und der Filterschicht monolithisch integriert hergestellt. Ein derartiger monolithisch integrierter Halbleiterchip kann demnach so ausgebildet sein, dass die Empfindlichkeit des Halbleiterchips gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung ausgebildet ist. Auf extern angeordnete Filter, wie Interferenzfilter oder Monochromatoren kann in der Folge verzichtet werden, was die Ausbildung eines Strahlungsdetektors mit einem vorteilhaft geringen Platzbedarf erleichtert.

Die Erfindung kann insbesondere als Umgebungslichtsensor entsprechend der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung verwendet werden.

Weitere Verwendungen des Strahlungsdetektors können die Steuerung der Helligkeiten von Beleuchtungseinrichtung oder Anzeigen, sowie des Ein- und/oder Ausschaltzeitpunkts von Beleuchtungseinrichtungen umfassen. Solche Beleuchtungseinrichtungen können als Innen- und Aussenraumbeluchtungen für Wohnungen, Straßen oder Autos sowie die Hinterleuchtungseinrichtungen von Displays, wie etwa displays von Mobiltelefonen oder sonstigen Telekommunikationsgeräten, Autodisplays, -armaturenbrettern oder LCD-Bildschirmen realisiert sein. Für die letztgenannten Anwendungen ist ein geringer Platzbedarf des Strahlungsdetektors von besonderem Interesse.

Bei den genannten Verwendungen der Erfindung ist die vorgegebene Empfindlichkeit bevorzugt durch die des menschlichen Auges gegeben. Somit können etwa die Helligkeiten der genannten Beleuchtungseinrichtungen - durch Erhöhung oder Erniedrigung der Helligkeit - vorteilhaft entsprechend der Wahrnehmung durch das menschliche Auge gesteuert werden.

Weitere Vorteile, Merkmale und Zweckmäßigkeiten der Erfindung ergeben sich aus der Beschreibung des folgenden Ausführungsbeispiels in Verbindung mit den Figuren.

Es zeigen

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors anhand einer schematischen Schnittansicht, und

Figur 2 eine qualitative Darstellung des spektralen Verlaufs der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges und der Detektorempfindlichkeit jeweils eines Ausführungsbeispiels eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors in den Figuren 2a und 2b.

Gleichartige und gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

In der Figur 1 ist ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors anhand einer schematischen Schnittansicht dargestellt.

Ein Halbleiterkörper 1 ist auf einem Träger 2 angeordnet. Seitens des Trägers 2 ist im Halbleiterkörper eine n-leitende Schicht 3 angeordnet, welcher Funktionsschichten 4a, 4b, 4c und 4d nachgeordnet sind, die im wesentlichen den aktiven Bereich 5 des Halbleiterkörpers bilden und der Detektorsignalerzeugung dienen. Den Funktionsschichten nachgeordnet ist eine p-leitende Schicht 6 gefolgt von einer Filterschicht 7. Der Halbleiterkörper mit der Filterschicht der n- und der p-leitenden Schicht und den Funktionsschichten ist bevorzugt monolithisch integriert ausgebildet. Besonders bevorzugt ist der Träger durch das Aufwachssubstrat des Halbleiterkörpers gegeben. Der Halbleiterkörper ist vorzugsweise durch Epitaxie (z.B. MOVPE) auf einem geeigneten Aufwachssubstrat hergestellt.

Der Träger 2 kann jedoch auch vom Aufwachssubstrat des Halbleiterkörpers verschieden sein. Beispielsweise kann der Träger durch eine Schicht gegeben sein, auf der der Halbleiterkörper nach der Herstellung auf dem Aufwachssubstrat auf seiner dem Aufwachssubstrat gegenüberliegenden Seite angeordnet wird. Das Aufwachssubstrat wird vorzugsweise nach der Anordnung des Halbleiterkörpers auf der Trägerschicht abgelöst. Zwischen der Trägerschicht und dem Halbleiterkörper ist vorzugsweise eine Spiegelschicht angeordnet. Diese Spiegelschicht kann ein Metall, beispielsweise Ag, Au, Al, Pt oder eine Legierung mit mindestens einem dieser Materialien enthalten oder daraus bestehen. Die Effizienz des Strahlungsdetektors kann so vorteilhaft erhöht werden. Derartige unter Ablösen des

Aufwachssubstrats hergestellte Halbleiterchips werden auch als Dünnsfilm-Chips bezeichnet. Die relative Anordnung der n-leitenden und p-leitenden Schichten zu den Funktionsschichten und der Filterschicht ist dann entsprechend der Anordnung des Halbleiterkörpers auf der derartigen Trägerschicht gegebenenfalls in anderer Abfolge als in Figur 1 dargestellt ausgeführt. Die Filterschicht ist gegebenenfalls nach der Anordnung auf dem Träger auf die Struktur mit den Funktionsschichten und der n- und p-leitenden Schicht aufgebracht.

Die n- bzw. p-leitende Schicht ist bevorzugt derart hoch dotiert, dass sich eine ausgedehnte Raumladungszone ausbildet, die von der p-leitenden bis zur n-leitenden Schicht reicht. Die Funktionsschichten sind bevorzugt innerhalb dieser Raumladungszone angeordnet. Eine derartige Raumladungszone kann beispielsweise eine vertikale Ausdehnung von 1100 nm, vorzugsweise 1200nm oder mehr haben, je nach Konzentration der Dotierstoffe.

Je nach ihrer genauen Ausbildung - insbesondere hinsichtlich Dicke und Bandlücke - können die Funktionsschichten bestimmte Wellenlängen aus einer auf den Halbleiterkörper einfallenden Strahlung 8 absorbieren. Mit der Absorption werden Elektron-Loch-Paare erzeugt, die, sofern sie in der Raumladungszone erzeugt werden, zum Photostrom beitragen. Die Stärke des Photostroms in Abhängigkeit von der Wellenlänge bestimmt hierbei die Empfindlichkeit eines Detektors mit einem derartigen Halbleiterkörper bzw. Halbleiterchip (Halbleiterkörper auf dem Träger) als strahlungsdetektierendem Element.

Über die Filterschicht 7 und die Anordnung und Ausbildung der Funktionsschichten 4a, 4b, 4c und 4d kann die Empfindlichkeit des Halbleiterkörpers auf eine vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, die ein Maximum bei einer Wellenlänge λ_0 aufweist, abgestimmt werden.

Vorzugsweise bewirkt die Filterschicht 7 hierbei die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene Empfindlichkeit durch Absorption von Wellenlängen der einfallenden Strahlung, die kleiner sind als die Wellenlänge λ_0 . Strahlung mit Wellenlängen in diesem Bereich trifft somit nur noch in verminderter Intensität auf den aktiven Bereich und das in diesem Wellenlängenbereich erzeugte Signal wird durch die Absorption an die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung angepasst.

Die durch Absorption von Strahlung in der Filterschicht erzeugten Elektron-Loch-Paare tragen vorzugsweise im wesentlichen nicht zum Photostrom bei. Hierzu ist die Filterschicht außerhalb der Raumladungszone angeordnet. Durch eine derartige Anordnung der Filterschicht außerhalb der Raumladungszone wird die Abstimmung der Detektorempfindlichkeit auf die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung vorteilhaft erleichtert, da die Filterschicht von den Funktionsschichten entkoppelt ist und somit die Gefahr eines störenden Einflusses von in der Filterschicht erzeugten Elektron-Loch-Paaren auf den Photostrom, der im Bereich der Funktionsschichten gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung erzeugt wird, verringert wird. Der für die Detektorempfindlichkeit maßgebliche Photostrom wird vorzugsweise im wesentlichen im aktiven Bereich erzeugt.

Die Filterschicht 7 bestimmt den Verlauf der kurzwelligen Seite der Detektorempfindlichkeit bevorzugt durch Absorption über eine indirekte Bandlücke. Eine direkte Bandlücke der Filterschicht bestimmt vorzugsweise die kurzwellige Grenze der Detektorempfindlichkeit. Für Wellenlängen kleiner der kurzwelligen Grenze verschwindet die Detektorempfindlichkeit oder ist vernachlässigbar.

Der Photostrom, der in den Funktionsschichten erzeugt wird, bestimmt bevorzugt zumindest die langwellige Seite der Detektorempfindlichkeit gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung für Wellenlängen größer als λ_0 . Besonders bevorzugt entsprechen die Bandlücken der Funktionsschichten zumindest teilweise Wellenlängen größer als λ_0 . Dadurch kann die Abstimmung der Detektorempfindlichkeit auf die vorgegebene Empfindlichkeit auf der kurzwelligen Seite erleichtert werden, da diese dann im wesentlichen nur durch die Filterschicht bestimmt wird und so der Aufwand einer aufwendigen Abstimmung von Funktionsschichten und Filterschicht aufeinander verringert werden kann.

Die Funktionsschichten und die Filterschicht sind bevorzugt so ausgebildet, dass die für die Absorption maßgebliche Bandlücke der Funktionsschichten mit steigender Entfernung vom Träger zunimmt. Die am weitesten von der Haupteinfallsebene der einfallenden Strahlung 8 auf den Halbleiterkörper beabstandete Funktionsschicht 4a weist demnach vorzugsweise die kleinste Bandlücke und die Filterschicht 7 die größte Bandlücke auf.

Eine derartige Anordnung der Funktionsschichten und der Filterschicht bewirkt eine vorteilhaft hohe Effizienz bei der Absorption der einfallenden Strahlung und der Konversion der Photonen in Elektron-Loch-Paare.

Über die Bandlücke der Funktionsschichten kann die zu absorbierende Wellenlänge bzw. der zu absorbierende Wellenlängenbereich der jeweiligen Funktionsschicht eingestellt werden und die Dicke der Funktionsschicht bestimmt den Anteil an absorbiertem Strahlungsleistung und somit den in der jeweiligen Funktionsschicht erzeugten Photostrom. Bevorzugt ist der Halbleiterkörper so ausgerichtet, dass die einfallende Strahlung 8 auf dem Halbleiterkörper größtenteils seitens der als Fensterschicht

zum signalerzeugenden Bereich des Halbleiterkörpers dienenden Filterschicht 7 auftrifft.

Ein Strahlungsdetektor mit einem derartigen Halbleiterkörper erlaubt es, die Charakteristik des Strahlungsdetektors über die Anordnung und Ausgestaltung der Filterschicht und der Funktionsschichten gemäß der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung zu formen. Hinsichtlich der Funktionsschichten gilt dies bevorzugt für die langwellige Seite der Detektorempfindlichkeit, während die Filterschicht 7 bevorzugt die kurzwellige Seite der Detektorempfindlichkeit gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung bestimmt.

Ein derartiger Detektor kann sehr platzsparend und einfach hergestellt werden. Auf zusätzliche externe Filter zur Anpassung an die vorgegebene Empfindlichkeit kann verzichtet werden.

Die Anzahl der Funktionsschichten richtet sich bevorzugt nach der spektralen Breite der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung. Je breiter die Verteilung, desto höher die Anzahl der Funktionsschichten. Es hat sich gezeigt, dass eine Anordnung von vier unterschiedlichen Funktionsschichten in einer Heterostruktur für die Abstimmung des erzeugten Photostromes auf eine vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere die des menschlichen Auges, oftmals gut geeignet ist.

Der in Figur 1 dargestellte Halbleiterkörper 1 kann mit elektrischen Anschlüssen - beispielsweise auf dem Halbleiterkörper angeordneten Metallisierungen - versehen werden, um das im Halbleiterkörper erzeugte Signal weiter verarbeiten zu können. Die Anschlüsse können dabei auf verschiedenen Seiten des Trägers oder auf der Seite des Trägers mit dem Halbleiterkörper angeordnet sein. Sind die Anschlüsse auf verschiedenen Seiten des Trägers angeordnet,

so ist der Träger zur Erhöhung seiner Leitfähigkeit vorzugsweise entsprechend dotiert.

Weiterhin kann der Halbleiterkörper in einem Gehäuse des Strahlungsdetektors angeordnet sein, das den Halbleiterkörper vor schädlichen äußeren Einflüssen schützt. Auch kann der Halbleiterkörper zumindest teilweise von einer Umhüllung umgeben oder umformt sein, die beispielsweise in einer Ausnehmung des Gehäusekörpers angeordnet sein kann. Vorzugsweise enthält eine derartige Umhüllung ein Reaktionsharz, zum Beispiel ein Acryl-, Epoxid- oder Silikonharz oder ein Silikon. Eine Wand der Ausnehmung des Gehäusekörpers kann mit einem reflexionssteigerndem, beispielsweise im wesentlichen metallischem, Material versehen sein, wodurch mit Vorteil die auf den Halbleiterkörper einfallende Strahlungsleistung erhöht wird. Besonders bevorzugt ist der Strahlungsdetektor als oberflächenmontierbares Bauelement (SMD) ausgeführt.

In einer bevorzugten Ausgestaltung des Strahlungsdetektors ist dieser zur Detektion von Strahlung gemäß der Empfindlichkeit des menschlichen Auges ausgebildet, das ein Empfindlichkeitsmaximum bei ungefähr $\lambda_0 = 555 \text{ nm}$ (helladaptiert, Tagsehen) oder bei ungefähr $\lambda_0 = 500 \text{ nm}$ (dunkeladaptiert, Nachtsehen) besitzt.

Für einen Strahlungsdetektor gemäß der Augenempfindlichkeit, insbesondere des helladaptierten menschlichen Auges, basiert der Halbleiterkörper 1 bevorzugt auf den III-V-Halbleitermaterialsystemen $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ oder $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$. Die Funktionsschichten 4a, 4b, 4c und 4d sind bevorzugt aus diesen Materialsystemen ausgebildet. Die Bandlücken können hierbei über Variation des Al-Gehalts eingestellt werden, wobei ein höherer Al-Gehalt größeren Bandlücken entsprechen kann. Dies gilt zumindest für Al-Gehalte, für die die genannten Halbleitermaterialsysteme direkte Halbleiter bilden, welche für die Ausbildung der Funktionsschichten

bevorzugt sind. Besonders bevorzugt basiert der Halbleiterkörper auf $\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0,5}\text{P}$ oder $\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x)_{0,5}\text{As}$, wodurch die Herstellung von Funktionsschichten mit definierter Bandlücke, beispielsweise über Variation des Al-Gehalts, erleichtert werden kann.

Die Filterschicht 7 ist in einem Strahlungsdetektor gemäß der Augenempfindlichkeit vorzugsweise aus $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$) oder GaP gebildet. Mit Vorteil können Halbleiterkörper mit den genannten Funktions- bzw. Filterschichtmaterialien monolithisch integriert hergestellt sein. Beispielsweise ist der Träger durch das Aufwachssubstrat gegeben, welches für die oben genannten Materialsysteme beispielsweise GaAs enthalten oder aus GaAs bestehen kann.

Die für die Filterschicht genannten Materialien können eine direkte und eine indirekte Bandlücke aufweisen, wobei die direkte Bandlücke vorzugsweise einer Wellenlänge kleiner als λ_0 entspricht, die besonders bevorzugt die kurzwellige Grenze der Detektorempfindlichkeit bestimmt.

GaP beispielsweise weist eine direkte Bandlücke ($E_g \approx 2,73 \text{ eV}$) auf, die einer Wellenlänge von ungefähr 455 nm entspricht, während die direkte Bandlücke ($E_g \approx 2,53 \text{ eV}$) von $\text{Al}_{0,8}\text{Ga}_{0,2}\text{As}$ ungefähr 490 nm entspricht. Die Absorption von einfallender Strahlung über die indirekte Bandlücke bestimmt vorzugsweise die kurzwellige Seite der Detektorempfindlichkeit für Wellenlängen kleiner λ_0 . Der Anteil der über die indirekte Bandlücke absorbierten Strahlungsleistung kann über die Dicke der Filterschicht beeinflusst werden.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung des Strahlungsdetektors oder des Halbleiterkörpers weist dessen Empfindlichkeit ein Maximum bei einer Wellenlänge λ_D auf, die bevorzugt um 20 nm, besonders bevorzugt 10 nm, oder weniger von der Wellenlänge λ_0 des Maximums der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung abweicht.

Die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung, insbesondere die des menschlichen Auges, wird häufig so angegeben, dass sie bei der Wellenlänge λ_0 den Wert 1 beziehungsweise 100% annimmt. Die Empfindlichkeit des Detektors, die von der Signalstärke abhängt, wird häufig in Ampere pro Watt der einfallenden Strahlungsleistung angegeben.

Zum Vergleich der Detektorempfindlichkeit mit der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung ist es deshalb zweckmäßig, die beiden Empfindlichkeiten so aneinander anzupassen, dass die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung bei λ_0 und die Detektorempfindlichkeit bei λ_D den Wert 100% annehmen (relative Empfindlichkeiten). Die vorliegende Beschreibung bezieht sich auf relative Empfindlichkeiten, sofern nichts anderes angegeben ist.

In Figur 2 ist der Verlauf der vorgegebenen Augenempfindlichkeit und der relativen Detektorempfindlichkeit für zwei Ausführungsbeispiele eines erfindungsgemäßen Strahlungsdetektors in Abhängigkeit von der Wellenlänge der einfallenden Strahlung in den Figuren 2a bzw. 2b qualitativ dargestellt.

In den beiden Ausführungsbeispielen entsprechend den Figuren 2a und 2b umfasst der Strahlungsdetektor einen Halbleiterkörper gemäß Figur 1, der monolithisch integriert hergestellt ist und auf $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$ basiert. Auf einem Aufwachssubstrat 2 aus GaAs wird der Halbleiterkörper epitaktisch, beispielsweise mittels eines MOVPE-Verfahrens, gewachsen. Zunächst wird auf dem GaAs-haltigen Substrat 2 eine ungefähr 100 nm dicke hochdotierte (n^+) n-leitende Schicht 3 aus $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$ gewachsen. Nachfolgend wird der aktive Bereich 5 hergestellt, der die im wesentlichen undotierten Funktionsschichten 4a ($\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,9}\text{Al}_{0,1})_{0,5}\text{P}$, Dicke \approx

20 nm, $E_G \approx 1,97$ eV, $\lambda_G \approx 630$ nm), 4b ($\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,7}\text{Al}_{0,3})_{0,5}\text{P}$, Dicke ≈ 200 nm, $E_G \approx 2,07$ eV, $\lambda_G \approx 600$ nm), 4c ($\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,6}\text{Al}_{0,4})_{0,5}\text{P}$, Dicke ≈ 500 nm, $E_G \approx 2,14$ eV, $\lambda_G \approx 580$ nm) und 4d ($\text{In}_{0,5}(\text{Ga}_{0,5}\text{Al}_{0,5})_{0,5}\text{P}$, Dicke ≈ 400 nm, $E_G \approx 2,20$ eV, $\lambda_G \approx 565$ nm) umfasst. E_G bezeichnet hierbei die maßgebliche Bandlücke des jeweiligen Materials und λ_G die dieser Bandlücke entsprechende Wellenlänge. Nachfolgend wird eine ungefähr 100 nm dicke p-leitende hochdotierte (p^+) $\text{In}_{0,5}\text{Al}_{0,5}\text{P}$ Schicht 6 hergestellt, gefolgt von einer Filterschicht 7 hergestellt. Die von der n-leitenden 3 und der p-leitenden Schicht 6 hervorgerufene Raumladungszone erstreckt sich durch die Funktionsschichten. Die Filterschicht 7 ist außerhalb der Raumladungszone angeordnet.

Es sei angemerkt, dass der Al-Gehalt der Funktionsschichten von dem hier angeführten Gehalt abweichen kann. So kann beispielsweise auch mit Funktionsschichten, deren Al-Gehalt um 10% oder weniger, vorzugsweise um 5% oder weniger, von dem oben angeführten Al-Gehalt abweicht, gegebenenfalls ein Strahlungsdetektor gemäß der Augenempfindlichkeit realisiert werden.

Im ersten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2a ist die Filterschicht aus GaP und ungefähr 15 μm dick ausgebildet und die Detektorempfindlichkeit 10 bezogen auf die Augenempfindlichkeit 9 dargestellt.

Das Maximum der Augenempfindlichkeit und der Detektorempfindlichkeit fallen dabei nahezu zusammen, wobei λ_D größer ist als λ_0 . Die Abweichung der Wellenlänge beträgt bevorzugt 10 nm, besonders bevorzugt 5 nm, oder weniger. Die kurzwellige Seite 101 der Detektorempfindlichkeit 10 wird dabei durch die Filterschicht 7 bestimmt. Unterhalb einer Grenzwellenlänge λ_1 ($\approx 455 - 465$ nm) ist die Detektorempfindlichkeit nahezu Null. Diese Grenzwellenlänge entspricht ungefähr der direkten Bandlücke ($E_G \approx 2,73$ eV) von GaP. Für Wellenlängen größer λ_1 bestimmt die Filterschicht 7

den Verlauf der kurzwelligen Seite der Detektorempfindlichkeit durch Absorption über ihre indirekte Bandlücke. Da GaP eine vergleichsweise flache Absorptionskante aufweist, ist die Filterschicht mit 15 μm relativ dick ausgeführt, um die Anpassung der Detektorempfindlichkeit an die vorgegebene Empfindlichkeitsverteilung im Wellenlängenbereich kleiner λ_0 zu erreichen.

Die langwellige Seite 102 der Detektorempfindlichkeit wird durch die Anordnung und Ausgestaltung der Funktionsschichten bestimmt. Für den Wellenlängenbereich von ungefähr 550 bis ungefähr 600 nm, in dem die Detektor- und die vorgegebene Empfindlichkeit hohe Werte aufweisen, sind die entsprechenden Funktionsschichten 4d und 4c wie oben dargelegt mit 400 nm und 500 nm vergleichsweise dick ausgeführt, so dass im Strahlungsdetektor in diesem Wellenbereich ein entsprechend hohes Photostromsignal erzeugt wird. Die Schicht 4b dagegen ist mit 200 nm vergleichsweise dünn ausgeführt, da für Wellenlängen im Bereich um oder größer ungefähr 600 nm die Werte Augenempfindlichkeit vergleichsweise gering sind. Im Bereich größer ungefähr 620 bis 650 nm ist die Augenempfindlichkeit sehr gering und die entsprechende Funktionsschicht 4a deshalb mit 20 nm vergleichsweise dünn ausgeführt.

Der Strahlungsdetektor ist bevorzugt so ausgebildet, dass bei einer beliebigen vorgegebenen Wellenlänge Abweichungen der Detektorempfindlichkeit von der vorgegebenen Empfindlichkeitsverteilung bevorzugt kleiner als 20%, besonders bevorzugt kleiner als 15% ist. Für Empfindlichkeitswerte größer als 60% ist die Abweichung der beiden Empfindlichkeiten bei einer beliebigen vorgegebenen Wellenlänge bevorzugt kleiner als 10%, besonders bevorzugt kleiner als 5%.

Mit einer 15 μm dicken Schicht ist ein derartiger Halbleiterkörper 1 für einen erfindungsgemäßen Strahlungsdetektor jedoch vergleichsweise dick ausgeführt.

Im zweiten Ausführungsbeispiel gemäß Figur 2b ist die Filterschicht 7 im wesentlichen aus $\text{Al}_{0,80}\text{Ga}_{0,20}\text{As}$ und ungefähr 1,5 μm dick ausgeführt.

Die langwellige Seite 102 der Detektorempfindlichkeit 10 ist wie in Figur 2a durch die Anordnung der Funktionsschichten bestimmt. Diese sind wie in Figur 2a angeordnet und ausgestaltet, so dass die langwellige Seite 102 der Detektorempfindlichkeit 10 im wesentlichen mit der aus Figur 2a übereinstimmt. Die durch die Filterschicht 7 bestimmte kurzwellige Seite 101 weicht in Figur 2b jedoch von dem in Figur 2a gezeigten Verlauf und der Augenempfindlichkeit 9 ab. Da die kurzwellige Seite in diesem Ausführungsbeispiel von einer AlGaAs-haltigen Filterschicht bestimmt wird und $\text{Al}_{0,80}\text{Ga}_{0,20}\text{As}$ eine verglichen mit GaP steilere Absorptionskante aufweist, ist der Verlauf der Detektorempfindlichkeit 10 im kurzwelligen Bereich 101 verglichen mit dem in Figur 2a gezeigten Verlauf steiler.

Das Maximum der Detektorempfindlichkeit λ_D liegt bei ungefähr 560 bis 565 nm und somit leicht rechts von dem der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges, das bei λ_0 ungefähr 555 nm liegt. Die kurzwellige Grenzwellenlänge λ_1 liegt bei ungefähr 475 nm bis 490 nm, was ungefähr der direkten Bandlücke ($E_G \approx 2,53 \text{ eV}$) von $\text{Al}_{0,80}\text{Ga}_{0,20}\text{As}$ entspricht.

Es sei angemerkt, dass die Erfindung nicht auf Strahlungsdetektoren gemäß der Augenempfindlichkeit beschränkt ist. Durch geeignete Ausbildung der Funktionsschichten und der Filterschicht können auch weitere Detektorempfindlichkeiten, beispielsweise gemäß einer vorgegebenen spektralen Rechteckverteilung, realisiert

werden. Weiterhin ist die Anzahl der Funktionsschichten - vier Funktionsschichten im Ausführungsbeispiel - nicht als beschränkend anzusehen. Es kann auch eine hiervon abweichende Anzahl von Funktionsschichten in einem erfindungsgemäßen Strahlungsdetektor vorgesehen sein.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder den Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Patentansprüche

1. Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung (8) gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung (9), die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_0 aufweist, umfassend einen Halbleiterkörper (1) mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktivem Bereich (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
der aktive Bereich (5) eine Mehrzahl von Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) umfasst, wobei die Funktionsschichten unterschiedliche Bandlücken und/oder Dicken aufweisen und derart ausgebildet sind, dass diese Funktionsschichten zumindest teilweise Strahlung in einem Wellenlängenbereich absorbieren, der Wellenlängen größer als die Wellenlänge λ_0 umfasst.
2. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
die vorgegebene spektrale Empfindlichkeitsverteilung (9) die des menschlichen Auges ist.
3. Strahlungsdetektor nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterkörper (1) mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält.
4. Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung des menschlichen Auges (9), die ein Maximum bei der Wellenlänge λ_0 aufweist, umfassend einen Halbleiterkörper (1) mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktivem Bereich (5),
dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterkörper (1) mindestens ein III-V-Halbleitermaterial enthält und der aktive Bereich (5) eine

Mehrzahl von Funktionsschichten umfasst.

5. Strahlungsdetektor nach Anspruch 4

dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) zumindest teilweise Strahlung (8) in einem Wellenlängenbereich absorbieren, der Wellenlängen größer als die Wellenlänge λ_0 umfasst.

6. Strahlungsdetektor nach Anspruch 4 oder 5

dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) unterschiedliche Bandlücken und/oder Dicken aufweisen.

7. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) über ihre Anordnung und Ausgestaltung die langwellige Seite (102) der Detektorempfindlichkeit (10) für Wellenlängen größer als λ_0 gemäß der vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung (9) bestimmen.

8. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Bandlücke von im Halbleiterkörper (1) nachgeordneten Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) zumindest teilweise in Richtung der einfallenden Strahlung (8) zunimmt.

9. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass die Funktionsschichten (4a,4b,4c,4d) oder zumindest ein Teil der Funktionsschichten im wesentlichen undotiert sind.

10. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der vorhergehenden Ansprüche,

dadurch gekennzeichnet, dass
der aktive Bereich (5) zumindest eine Heterostruktur umfasst.

11. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der
vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
dem aktiven Bereich (5) in Richtung einfallender Strahlung
(8) zumindest eine Filterschicht (7) nachgeordnet ist.

12. Strahlungsdetektor nach Anspruch 11,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Filterschicht (7) die kurzwellige Seite (101) der
Detektorempfindlichkeit (10) gemäß der vorgegebenen
spektralen Empfindlichkeitsverteilung (9) durch Absorption
von Wellenlängen in einem Wellenlängenbereich bestimmt, der
Wellenlängen kleiner als λ_0 umfasst.

13. Strahlungsdetektor nach Anspruch 11 oder 12,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Filterschicht (7) eine direkte Bandlücke aufweist, die
größer ist als die einer der Filterschicht (7) seitens des
aktiven Bereichs (5) nachgeordneten Funktionsschicht.

14. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der
vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der aktive Bereich (5), insbesondere die Funktionsschichten,
oder die Filterschicht (7) mindestens ein III-V-
Halbleitermaterial, vorzugsweise $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{P}$, $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{As}$
oder $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_{1-x-y}\text{N}$, jeweils mit $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x+y \leq 1$,
enthält.

15. Strahlungsdetektor nach mindestens einem der
vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Halbleiterkörper (1), insbesondere der Halbleiterkörper
mit der Filterschicht monolithisch integriert ist.

Zusammenfassung

Strahlungsdetektor

Es wird ein Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung (8) gemäß einer vorgegebenen spektralen Empfindlichkeitsverteilung (9), die ein Maximum bei einer vorgegebenen Wellenlänge λ_0 aufweist, umfassend einen Halbleiterkörper (1) mit einem der Detektorsignalerzeugung dienenden und zum Strahlungsempfang vorgesehenen aktivem Bereich (5) angegeben, wobei der aktive Bereich (5) eine Mehrzahl von Funktionsschichten (4a, 4b, 4c, 4d) umfasst, wobei die Funktionsschichten unterschiedliche Bandlücken und/oder Dicken aufweisen und derart ausgebildet sind, dass diese Funktionsschichten (4a, 4b, 4c, 4d) zumindest teilweise Strahlung in einem Wellenlängenbereich absorbieren, der Wellenlängen größer als die Wellenlänge λ_0 umfasst. Weiterhin wird ein Strahlungsdetektor zur Detektion von Strahlung (8) gemäß der spektralen Empfindlichkeitsverteilung (9) des menschlichen Auges angegeben. Der Halbleiterkörper kann monolithisch integriert sein.

Figur 1

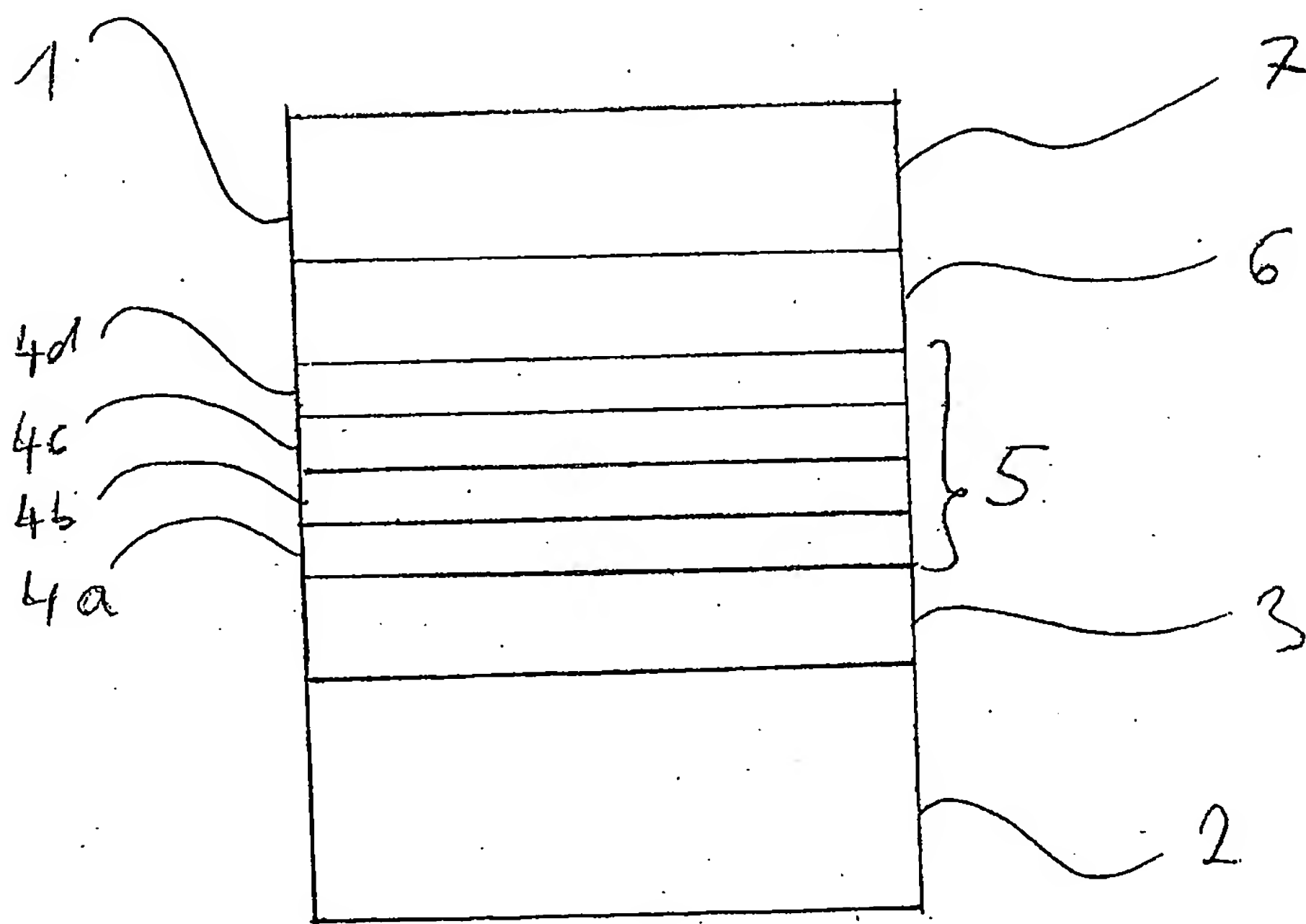
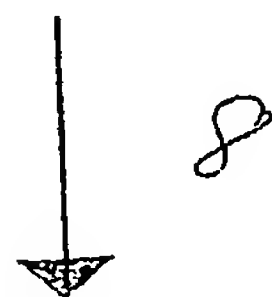


Figure 1

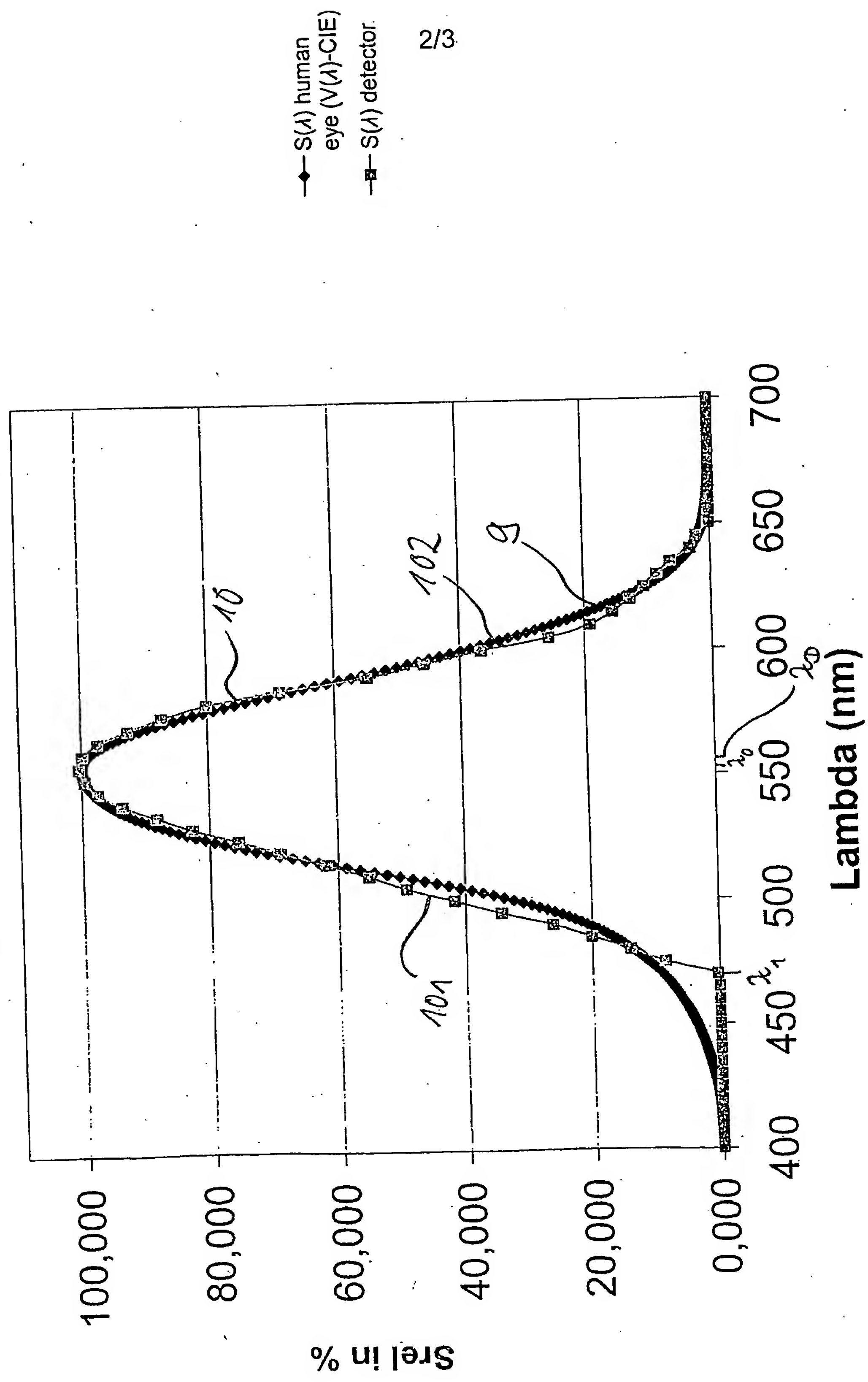
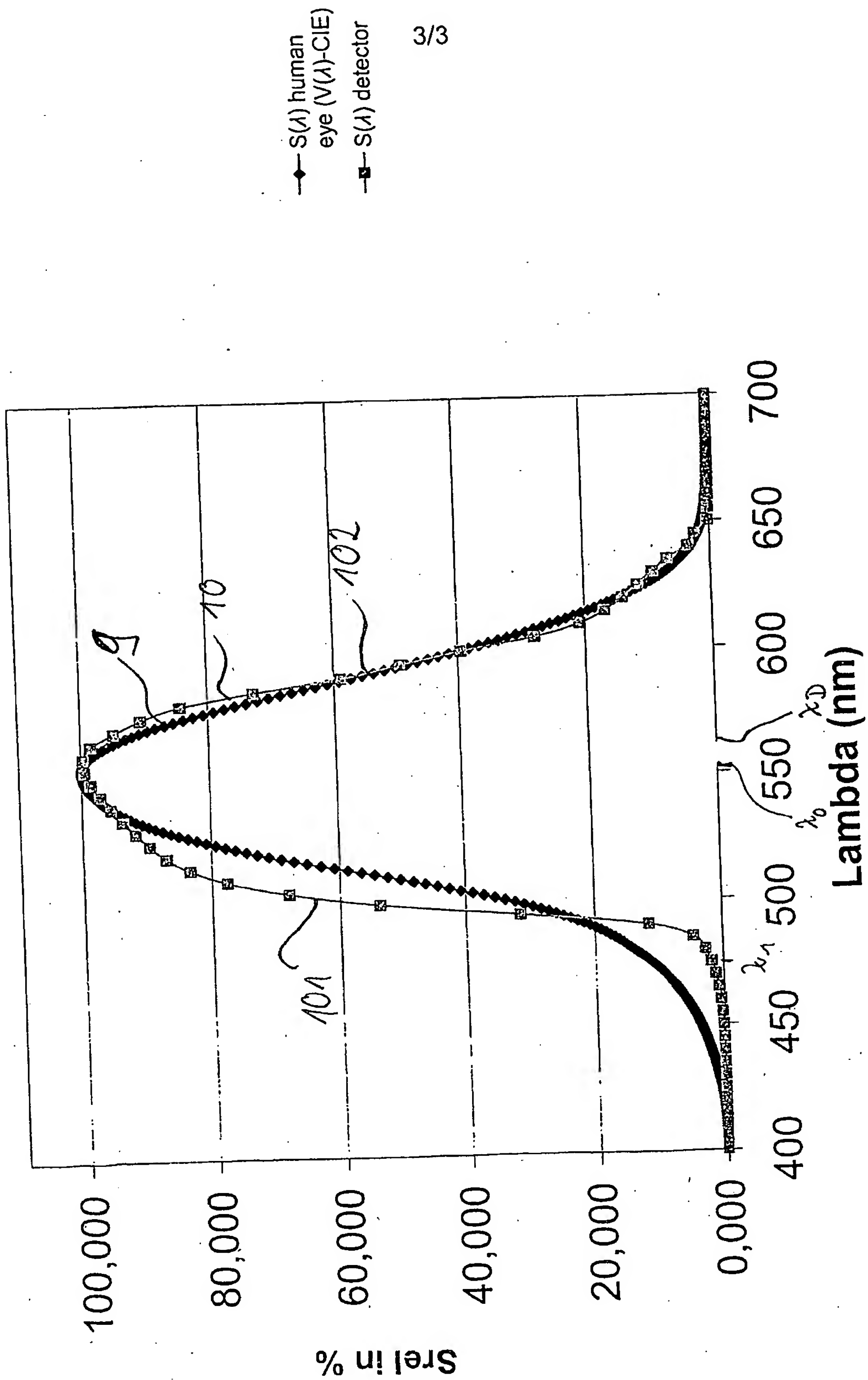


Figure 2a



Figur 2 b

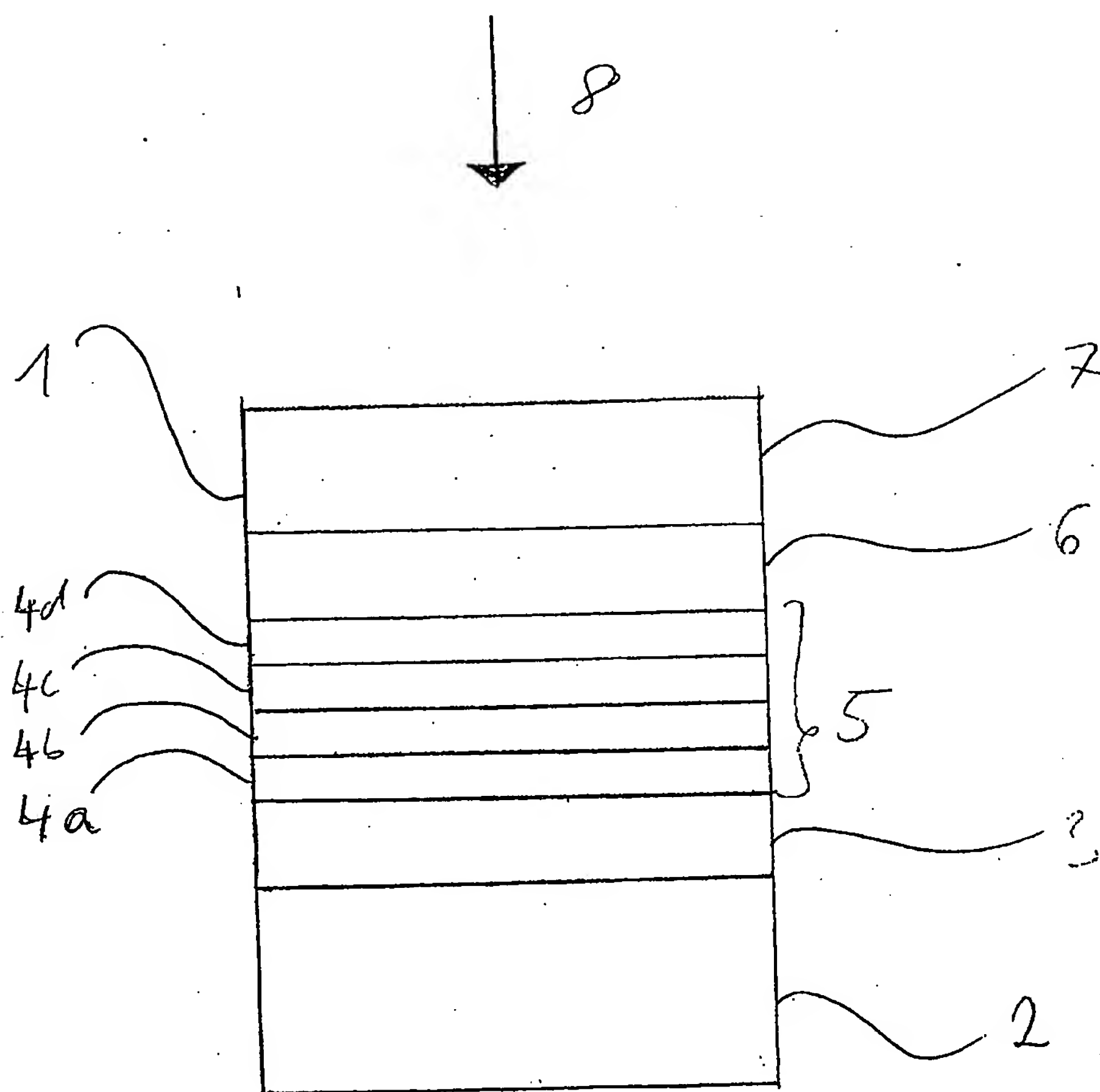


Figure 1